

# АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ОКЕАНА

УДК 551.465(262.5)

DOI: 10.22449/0233-7584-2020-1-31-40

## Влияние стока реки Черной в периоды паводка и межени на экологическое состояние кутовой части акватории Севастопольской бухты

Е. Е. Совга, Т. В. Хмара\*

*Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия*

*\*E-mail: xmara@mhi-ras.ru*

Поступила в редакцию 09.04.2019 г.

*Цель.* Цель работы – оценить климатические условия и причины формирования зимне-весенних паводков на крымских реках на примере реки Черной, а также определить уровни загрязненности вод кутовой части Севастопольской бухты биогенными элементами в паводковый и меженный периоды и проанализировать общее экологическое состояние исследуемой акватории.

*Методы и результаты.* С использованием опубликованной информации о кутовой части Севастопольской бухты и реке Черной рассмотрены гидрометеоусловия формирования зимне-весеннего паводкового режима. На основании анализа экспедиционных данных Морского гидрофизического института за 2007–2017 гг. проанализированы гидрологический режим и экологическое состояние кутовой части Севастопольской бухты и устьевой зоны реки Черной. Оценен вклад зимне-весенних паводков в уровень загрязнения биогенными элементами кутовой части Севастопольской бухты. Проведено сравнение экологического состояния кутовой части бухты в период зимне-весеннего паводка в феврале 2015 г. и в период межени в сентябре 2015 г.

*Выводы.* Показано, что распресненные воды зимне-весеннего паводка (февраль 2015 г.) повлияли на уровень поступления биогенных элементов в акваторию бухты, увеличивая содержание неорганических форм азота и силикатов. Обнаруженную закономерность необходимо учитывать при расчете ассимиляционной емкости экосистемы исследуемой акватории и при оценке ее индекса трофности. Совместный анализ экспедиционных данных Морского гидрофизического института и всей доступной информации из литературных источников позволил сделать заключение, что в последнее десятилетие в устьевой зоне реки Черной постепенно растет соленость, что может свидетельствовать о тенденции уменьшения частоты возникновения и интенсивности зимне-весенних паводков.

**Ключевые слова:** кутовая часть Севастопольской бухты, река Черная, зимне-весенний паводок, биогенные элементы, уровень трофности.

**Благодарности:** работа выполнена в рамках госзадания по теме № 0827-2018-0004 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем прибрежных зон Черного и Азовского морей» и частично по гранту РФФИ проект № 18-45-920002 «Самоочистительная способность экосистем акваторий Севастопольской бухты в зависимости от уровня антропогенной нагрузки».

**Для цитирования:** Совга Е. Е., Хмара Т. В. Влияние стока реки Черной в периоды паводка и межени на экологическое состояние кутовой части акватории Севастопольской бухты // Морской гидрофизический журнал. 2020. Т. 36, № 1. С. 31–40. doi:10.22449/0233-7584-2020-1-31-40

# Influence of the Chernaya River Runoff during High and Low Water on the Ecological State of the Apex of the Sevastopol Bay Water Area

E. E. Sovga, T. V. Khmara\*

*Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia*

*\*e-mail: xmara@mhi-ras.ru*

*Purpose.* Climatic conditions for the winter and spring river floods in Crimea are assessed by the example of the Chernaya River. The scientific literature data permitted to analyze salinity dynamics in the Sevastopol Bay during an intensive flood, which is extremely rare in contrast to the high water cases occurring rather frequently.

*Methods and Results.* Based on the available information and using the analyzed in situ data on the Sevastopol Bay apex and the Chernaya River obtained by the Marine Hydrophysical Institute in 2007–2017, considered are the meteorological conditions for a winter-spring high water. The impact of high water upon the hydrological regime and the ecological state of the Sevastopol Bay apex and the Chernaya River mouth is analyzed. Contribution of a winter-spring high water to pollution of the Sevastopol Bay apex with nutrients is assessed. The ecological state of the bay apex during the peculiar winter-spring high water in February, 2015 is compared to that during the low water in September, 2015.

*Conclusions.* The increased content of inorganic nitrogen during a winter-spring flood should be taken into account while calculating the assimilation capacity of the ecosystem under study and assessing the trophic index. The joint analysis of the expeditionary in situ data and the available information from the scientific literary made it possible to conclude that in course of the last decade, salinity in the Chernaya River mouth gradually increased. This can testify the fact that frequency and intensity of the winter-spring floods tend to go down.

**Keywords:** apex of the Sevastopol Bay, Chernaya River, winter-spring flood, nutrients, trophic level.

**Acknowledgments:** the investigation is carried out within the framework of the state task on theme No. 0827-2018-0004 “Complex interdisciplinary investigations of the oceanologic processes conditioning functioning and evolution of the Black and Azov seas’ ecosystems of the coastal zones” and at the RFBR partial support of the research project No. 18-45-920002 “Self-purification capacity of ecosystems of the Sevastopol Bay water areas depending on the anthropogenic load”.

**For citation:** Sovga, E.E. and Khmara, T.V., 2020. Influence of the Chernaya River Runoff during High and Low Water on the Ecological State of the Apex of the Sevastopol Bay Water Area. *Physical Oceanography*, [e-journal] 27(1), pp. 28-36. doi:10.22449/1573-160X-2020-1-28-36

## Введение

В гидрологическом смысле паводок – резкий и кратковременный подъем воды в реке, возникающий в результате обильных дождей, а также быстрого таяния снега при зимних оттепелях. В отличие от половодья, паводок случается в любое время года и периодически не повторяется [1]. На крымских реках паводки происходят преимущественно в зимне-весенний период с декабря – ноября по апрель, что связано с прохождением средиземноморских циклонов. По этой же причине зима в Крыму относительно влажная, с периодическим выпадением осадков и малым испарением. Частые оттепели зимой связаны с большими колебаниями температуры воздуха и приводят к неустойчивости снежного покрова. При активном снеготаянии с выпадением интенсивных дождей могут сформироваться катастрофические паводки [2]. Наиболее паводкоопасная река Севастополя – Черная.

Река Черная, одна из наиболее значимых рек Севастопольского региона по протяженности и водности (среднемесячный расход  $1,82 \text{ м}^3/\text{с}$ , максимальный –  $15,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ) [3], относится к группе рек северо-западного склона Главной гряды Крымских гор. На реке зимне-весенние паводки наблюдаются с конца ноября по март, реже – в апреле. По данным работы [4], в бассейне реки Черной наиболее катастрофическим был паводок в декабре 1939 г.

Во время паводка уровень воды в реке может подняться на 2–3 м и бывает сопоставимым с объемом воды в самой бухте [5]. Даже в меженный период расходы реки при экстремальных паводках могут увеличиваться на порядок и более. Таким образом, сток реки Черной оказывает значительное влияние на экологическое состояние акватории Севастопольской бухты.

Севастопольская бухта представляет собой устьевое взморье реки Черной – замкнутую акваторию эстуарного типа с ограниченным водообменом, которая находится под техногенным воздействием (судоходство, стоянки судов, гидротехнические работы) и антропогенным влиянием (бытовые городские и ливневые стоки). Загрязнение акватории происходит в результате выпуска сточных вод, недостаточно очищенных при возрастающем их объеме, и аварийных выпусков [6, 7]. Воды реки Черной, которая впадает в кутовую часть Севастопольской бухты в районе Инкермана, несут дополнительное количество биогенных элементов и других загрязняющих веществ.

В работе [8] рассматриваются тренды изменения температуры и солёности эстуарной зоны реки Черной и кутовой части Севастопольской бухты с целью оценки динамики видового разнообразия и количественных показателей ихтиофауны за 2006–2014 гг. Отмечено, что, по данным за 2009–2014 г., наблюдаемая тенденция увеличения солёности сохранилась, при этом повышение солёности наблюдалось и у поверхности, и у дна. Иногда разница между показателями 2006 и 2014 гг. составляла около 10 ‰. В целом за период с июня 2006 г. по декабрь 2014 г. наблюдалась динамика смещения эстуарной зоны вверх по течению реки Черной.

В работе [9] на основании полученных с 2007 по 2017 гг. экспедиционных данных по Севастопольской бухте и реке Черной проанализировано содержание элементов главного биогенного цикла, изучен вклад вод реки Черной в общий бюджет растворенного неорганического углерода и компонентов карбонатной системы. Определена протяженность и временная изменчивость геохимической барьерной зоны река Черная – бухта Севастопольская.

Межгодовые изменения концентрации биогенных элементов в водах Севастопольской бухты за 2006–2010 гг. представлены в работе [10]. Содержание биогенных веществ в бухте находится в прямой зависимости от источников их поступления (муниципальный, речной и ливневый стоки и пр.) и характеризуется максимальными концентрациями минеральных форм азота, кремния, фосфатов в Южной бухте и районе Нефтегавани, подверженных наибольшему антропогенному воздействию. Сделан вывод, что антропогенные факторы оказывают большее влияние на содержание биогенных элементов в акватории бухты, чем естественные биохимические процессы.

С целью оценки источников поступления загрязняющих веществ в воды реки Черной в работе [11] представлены результаты анализа пространственных распределений кислорода и элементов главного биогенного цикла в во-

дах реки Черной на ее протяжении от Чернореченского водохранилища до Инкерманской бухты. На основе данных многолетнего гидрохимического мониторинга показано, что воды Чернореченского водохранилища являются источником поступления в воды реки Черной нитратов, а в некоторые годы и кремния, остальные биогенные элементы, в частности фосфаты и аммоний, попадают в воды реки и бухты из бытовых стоков в нижнем течении реки, а также из сбросов сточных вод населенных пунктов и предприятий, расположенных в водоохранной зоне.

Распределение минеральных форм фосфора и кремния в зоне смешения вод реки Черной и Севастопольской бухты в зимний период (31 января – 2 февраля 2004 г.) представлено в работе [12], где показано, что в Севастопольской бухте качество поверхностного слоя вод в районе ее кутовой части ухудшается по мере приближения к устью реки Черной.

В работе [13] дана оценка влияния ливневого стока в феврале 2015 г. на экстремальные значения гидрохимических параметров в поверхностных водах Инкерманской бухты в сравнении с кутовой частью Южной бухты. Показано увеличение содержания кремнекислоты в период ливней в устьевой части Севастопольской бухты и в куте бухты Южной и существенное увеличение содержания нитратов в устьевой части бухты.

Во всех перечисленных работах не уделялось особого внимания влиянию конкретных паводков и межени на экологическое состояние Севастопольской бухты в целом и ее кутовой части в частности. В отличие от этих публикаций, в работе [14] с использованием численного моделирования рассчитывается динамика изменения солености в Севастопольской бухте в зимний период. Авторами проанализированы процессы, связанные с проникновением в бухту пресных вод реки Черной и притоком соленых вод открытого моря. Отмечается, что модель не может корректно описать реальную ситуацию в бухте, поскольку именно в рассматриваемый период времени непосредственных наблюдений в море не проводилось.

**Целью** настоящей работы было оценить влияние паводкового режима и межени на изменение гидрологических параметров кутовой части Севастопольской бухты; определить гидрометеорологические условия, способствующие возникновению паводка, расширению либо уменьшению границ распространения этого влияния по акватории бухты; определить уровни загрязненности вод исследуемой акватории биогенными элементами в паводковый и меженный периоды и проанализировать общее экологическое состояние исследуемой акватории.

### **Материалы исследований**

Для оценки влияния речного стока на экологическое состояние Севастопольской бухты рассмотрены данные химических показателей (содержание биогенных элементов, минерализация) в кутовой части акватории Севастопольской бухты и устьевой части реки Черной. Анализировался массив экспедиционных данных о гидрологическом и гидрохимическом режиме акватории кутовой части Севастопольской бухты, испытывающей влияние стока реки Черной, за 2007–2017 гг. из Банка океанографических данных Морского гидрофизического института (БОД МГИ). Кроме указанного массива, анали-

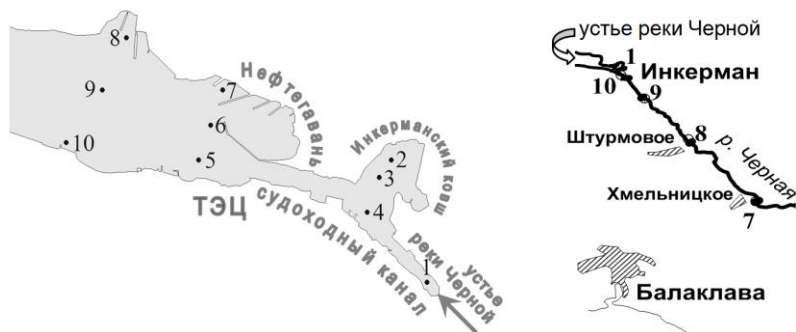
зировалась доступная опубликованная информация о гидрометеоусловиях, обуславливающих возникновение паводкового режима реки Черной и его длительность.

Представленная база данных БОД МГИ по гидрологии и гидрохимии за 2007–2017 гг. по сезонам составила: 90 станций для бухты и реки зимой, 70 станций – летом, 40 станций – осенью и 30 – весной. На всех станциях в акватории бухты (на поверхности и у дна) и в поверхностном слое вод в реке Черной проанализированы гидрохимические определения: растворенного кислорода ( $O_2$ ), фосфатов ( $PO_4^{3-}$ ),  $P_{\text{общ.}}$ , кремния ( $SiO_3^{2-}$ ), нитритов ( $NO_2^-$ ), нитратов ( $NO_3^+$ ), аммония ( $NH_4^+$ ).

### Результаты и обсуждения

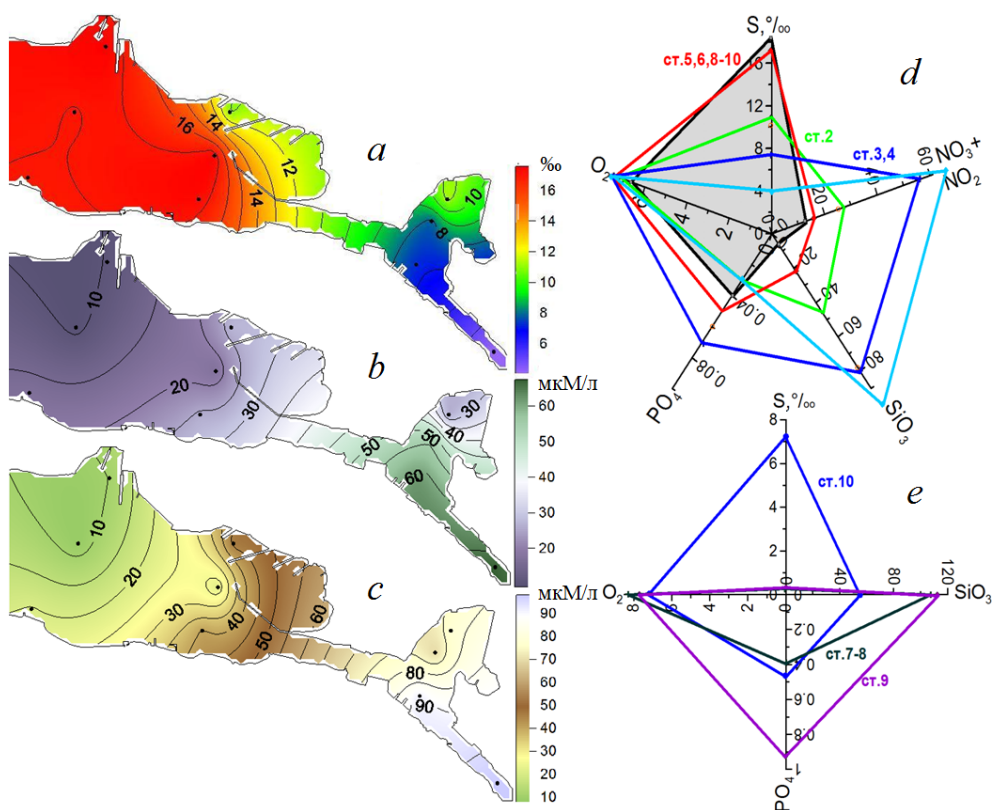
В результате анализа указанной базы данных был выявлен зимний паводок в феврале 2015 г. В работе оцениваются изменения гидрологических и гидрохимических параметров в паводковый период, уровень распространения паводка на акваторию Севастопольской бухты и метеоситуация, сопровождавшая его возникновение. Анализируется летне-осенний период, когда чаще всего преобладают условия возникновения межени. Дается оценка изменений гидрологических и гидрохимических характеристик в меженный период в кутовой части Севастопольской бухты и устьевой области реки Черной.

Кутовая часть Севастопольской бухты – объект исследования настоящей работы – мелководна: ее средняя глубина составляет 4,7 м, а максимальная – 10,8 м. Она включает в себя устье реки Черной (глубина 3,5 м), судоходный канал глубиной 9 м, справа от которого расположен Инкерманский ковш с глубиной 7,5 м, и Нефтегавань, отделенную от самой бухты продолжительным молотом. Схемы станций в кутовой части бухты и в устье реки Черной представлены на рис. 1.



**Р и с. 1.** Схемы станций отбора проб в кутовой части Севастопольской бухты и в реке Черной  
**Fig. 1.** Scheme of the sample stations in the Sevastopol Bay apex and in the Chernaya River

Данные о распределении температуры, солености и растворенного кислорода в кутовой части бухты в период зимнего паводка (4 февраля 2015 г.) представлены на рис. 2. Анализ данных показал, что в период паводка распресненные (пределы колебаний солености 4,0–16,5 ‰), обогащенные кислородом (от 7,68 до 7,2 мл/л) воды распространяются за пределы Нефтегавани при незначительном колебании температуры вод (от 7,6 до 8,9 °C).



**Р и с. 2.** Распределение солености (a), нитратов (b), кремния (c) в поверхностных водах, а также диаграммы гидрологических и гидрохимических показателей в восточной части Севастопольской бухты (d) и в реке Черной (e) в период паводка 4 февраля 2015 г.  
**F i g. 2.** Distribution of salinity (a), nitrates (b) and silicon (c) in the surface waters; diagrams of the hydrological and hydrochemical indices in the eastern part of the Sevastopol Bay (d) and in the Chernaya River (e) during the flood on February 4, 2015

На поверхности эстуария почти пресная (4,4–7,24 ‰) речная вода распространяется до Нефтегавани, полностью занятой солоноватыми водами с соленостью свыше 12 ‰. В районе Инкерманского ковша верхний слой вод – это распресненная вода (11,26 ‰) с температурой 7,4 °С, а эстуарные воды подстилаются солеными морскими водами (17,9 ‰). В районе ТЭЦ соленость постепенно повышается и на расстоянии около 1000 м от устья достигает 17 ‰.

Воды паводков могут влиять не только на соленость и содержание кислорода, но и на уровень загрязнения вод бухты биогенными элементами. В период паводка в нижнем течении реки Черной содержание растворенного кислорода в поверхностном слое было стабильным и равным примерно 7,5 мл/л, концентрации биогенных элементов были высокими: силикатов 98–91,6 мкМ/л, фосфатов 0,03–0,08 мкМ/л, нитратов – до 67,3 мкМ/л, нитритов –

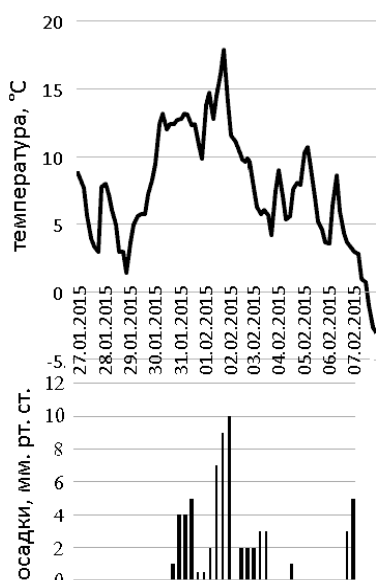
до 0,25 мкМ/л [15]. С глубиной показатели кислорода менялись мало, несмотря на заметный рост солености, но при этом концентрации кремния, фосфатов и нитратов уменьшались (рис. 2).

В районе Нефтегавани содержание кислорода в поверхностном слое оставалось на уровне 7–7,3 мл/л, концентрация силикатов падала до 40–10 мкМ/л, нитратов – до 25,8–10,2 мкМ/л.

Из рис. 2 следует, что распресненные поверхностные воды паводка распространяются вплоть до района Нефтегавани и обогащены кремнием и нитратами, в них немного повышено содержание аммония. Воды в устьевой части реки Черной (рис. 2) также обогащены кремнием и фосфатами, к сожалению, данные по нитратам в речной воде отсутствуют.

Обнаруженный в феврале 2015 г. зимний паводок позволил оценить уровень загрязнения бухты биогенными элементами (кремнием и нитратами). Причины возникновения февральского паводка связаны с гидрометеоситуацией в этот период. По данным сайта <https://rp5.ru/>, в начале февраля 2015 г. в Севастопольском регионе была отмечена довольно высокая температура воздуха, которая могла способствовать таянию снега в горах, кроме того, наблюдались ливневые дожди накануне проведения съемки (рис. 3).

Анализ результатов сезонных натуральных наблюдений БОД МГИ за 2007–2017 гг., выполненных в кутовой части Севастопольской бухты и в устьевой части реки Черной, показал, что в осенне-зимний период уровни загрязнения биогенными элементами (фосфатами, нитритами и нитратами, кремнием) рассматриваемой акватории и Южной бухты – наиболее проблемной в экологическом отношении части Севастопольской бухты – сопоставимы.



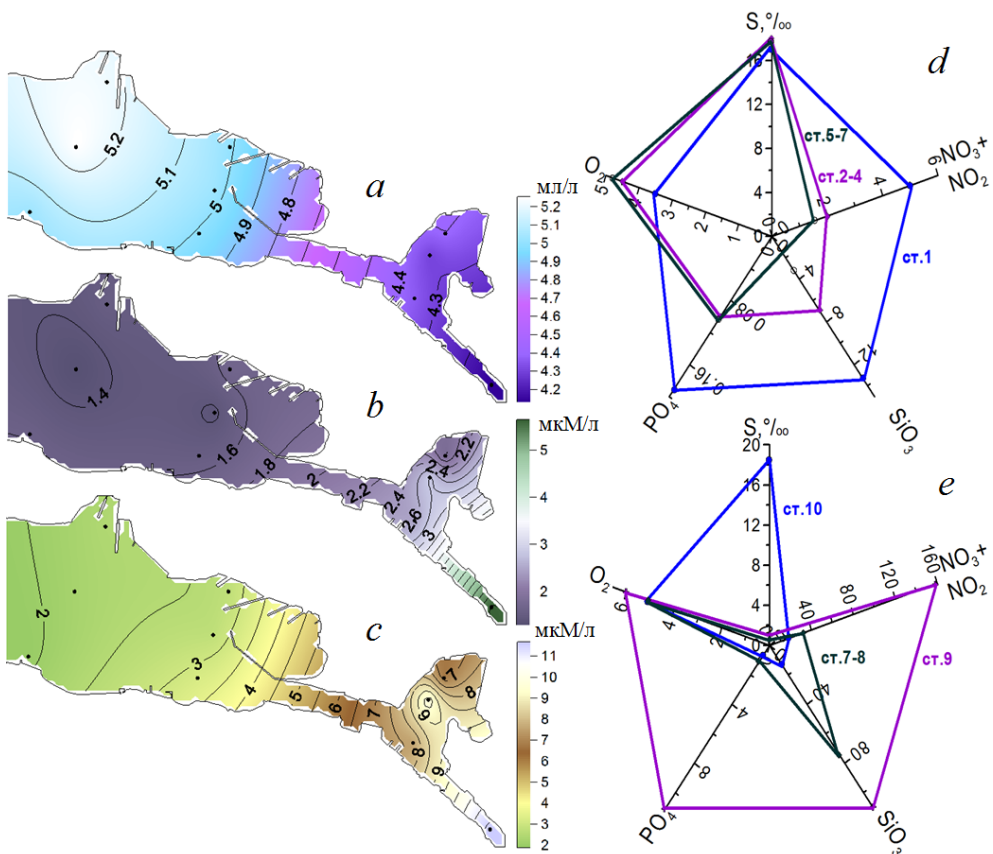
**Р и с. 3.** Температура воздуха и количество осадков на конец января – начало февраля 2015 г.

**Fig. 3.** Air temperature and precipitation amount at late January–early February, 2015

Данные многолетнего мониторинга (1998–2011 гг.) Севастопольской бухты, ее кутовой части в зимний и осенний периоды [10, 11], а также оценки уровня трофности и способности к самоочищению экосистемы отдельных акваторий бухты [16–19] показали, что максимум индекса трофности каждого района приходится на осенне-зимний период, когда концентрации биогенных элементов, особенно минеральных форм азота, высоки и являются основным фактором, определяющим уровень эвтрофирования вод Севастопольской бухты. Высокие концентрации фосфатов и в особенности минеральных форм азота вносят наибольший относительный вклад в расчетную формулу индекса. Одной из причин повышения содержания биогенных элементов именно в кутовой части бухты может быть влияние зимних и осенних паводков, как показали полученные нами данные по зимнему паводку в феврале 2015 г. (рис. 2). Оче-

видно, что повышенное содержание неорганических форм азота во время зимних паводков должно учитываться при оценке ассимиляционной емкости экосистемы акватории кутовой части Севастопольской бухты, поскольку может приводить к снижению самоочистительной способности ее экосистемы [19].

Рассмотрим ситуацию с изменением гидрохимических параметров в кутовой части бухты в период летней межени (сентябрь 2015 г.).



**Р и с. 4.** Распределение кислорода (a), нитратов (b), кремния (c) в поверхностных водах, а также диаграммы гидрологических и гидрохимических показателей в восточной части Севастопольской бухты (d) и в реке Черной (e) в период межени 8 сентября 2015 г.

**Fig. 4.** Distribution of oxygen (a), nitrates (b) and silicon (c) in the surface waters; diagrams of the hydrological and hydrochemical indices in the eastern part of the Sevastopol Bay (d) and in the Chernaya River (e) during low water on September 8, 2015

В период межени 8 сентября 2015 г. соленость и в поверхностном слое вод, и в придонном однородная во всей кутовой части (17,6–17,9 ‰), за исключением устья реки, где зафиксировано значение 16,9 ‰. Однако через неделю, 15 сентября, в устье реки соленость составляла уже 18,4 ‰.

Распределение биогенных элементов в кутовой части бухты в период межени довольно равномерное по всей акватории кутовой части бухты, за исключением устья реки, где наблюдались очень незначительно повышенные концентрации кремнекислоты, нитратов и аммония (рис. 4).



Следует отметить, что, в отличие от паводкового режима, когда распресненными водами охвачена значительная часть кутовой акватории бухты, в период межени воды с незначительным повышением нитратов не заходят даже в акваторию Инкерманского ковша, при этом воды с повышенными значениями содержания кремния, напротив, наблюдаются на подходе к Нефтегавани.

В период межени отмечены повышенные содержания кремния и нитратов на станциях, расположенных вверх по течению реки Черной вблизи населенных пунктов, максимум зафиксирован на ст. 9, что, по-видимому, связано с поступающими в воды реки неочищенными хозяйственно-бытовыми стоками.

### Заключение

Кутовая часть Севастопольской бухты, как наиболее уязвимая в экологическом отношении ее акватория, оказывается под существенным влиянием зимне-весенних паводков на реке Черной. Распресненные воды паводка (февраль 2015 г.) повлияли на уровень поступления биогенных элементов в акваторию бухты, увеличивая содержание неорганических форм азота и силикатов.

Повышенные значения содержания биогенных элементов в период зимне-весеннего паводкового режима необходимо учитывать при расчете ассимиляционной емкости экосистемы исследуемой акватории в отношении неорганического азота и оценки индекса трофности.

В результате анализа опубликованных данных и многолетнего мониторинга МГИ акватории кутовой части Севастопольской бухты было обнаружено постепенное увеличение солености акватории этой части Севастопольской бухты, что может быть связано с изменением количества и интенсивности зимне-весенних паводков в результате действия природно-климатических факторов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устойчивый Крым. Водные ресурсы / Гл. ред. В. С. Тарасенко. Симферополь : Таврида, 2003. 413 с.
2. *Мырза Е. Л., Овчарук В. А.* Анализ условий формирования паводков холодного периода на реках Крымских гор // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10, вып. 1. С. 740–745. URL: <http://geopolitika.cfuv.ru/wp-content/uploads/2016/11/0123myrza.pdf> (дата обращения: 20.01.2020).
3. *Иванов В. А., Миньковская Р. Я.* Морские устья рек Украины и устьевые процессы. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. Часть 1. 448 с.
4. *Ovcharuk V., Todorova O.* Determination of characteristics maximal runoff Mountain Rivers in Crimea // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2016. Vol. 8, no. 2. P. 525–541. <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v8i2.23>
5. Влияние океанографических факторов на экологическое состояние Севастопольской бухты (Черное море) / Л. Н. Репетин [и др.] // Морской гидрофизический журнал. 2003. № 2. С. 66–80.
6. Источники загрязнения прибрежных вод Севастопольского региона / В. М. Грузинов [и др.] // Океанология. 2019. Т. 59, № 4. С. 579–590. doi:10.31857/S0030-1574594579-590
7. *Dulov B. A., Yurovskaya M. V., Kozlov I. E.* Coastal zone of Sevastopol on high resolution satellite images // Physical Oceanography. 2015. No. 6. P. 39–54. doi:10.22449/1573-160X-2015-6-39-54
8. *Болтачев А. Р., Карпова Е. П., Данилюк О. Н.* Особенности термохалинных параметров и ихтиоценоза эстуария реки Черная (Севастопольская бухта) // Морской экологический журнал. 2010. Т. 9, № 2. С. 23–36.
9. *Орехова Н. А., Медведев Е. В., Овсяный Е. И.* Влияние вод реки Черной на гидрохимический режим Севастопольской бухты (Черное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. Вып. 3. С. 84–91. doi:10.22449/2413-5577-2018-3-84-91

10. *Орехова Н. А., Романов А. С., Хоружий Д. С.* Межгодовые изменения концентрации биогенных элементов в Севастопольской бухте за период 2006–2010 гг. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь : МГИ НАНУ, 2011. Вып. 25, т. 1. С. 192–199.
11. *Кондратьев С. И.* Исследование гидрохимической структуры реки Черной (Крым) в 2006–2011 гг. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь : МГИ РАН, 2014. Вып. 28. С. 176–185.
12. *Бадюков Д. Д., Корнеева Г. А., Савенко А. В.* Трансформация структурно функциональных характеристик материкового стока реки Черной и морских вод Севастопольской бухты в зимний период // Проблемы региональной экологии. 2014. № 3. С. 7–13.
13. *Мухаметов С. С., Кондратьев С. И.* Экстремальные значения гидрохимических параметров в водах Севастопольской бухты в феврале 2015 г. в результате ливневого стока // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2017. № 6. С. 9–17.
14. *Михайлова Э. Н., Шапиро Н. Б.* Моделирование циркуляции и пространственной структуры термохалинных полей в Севастопольской бухте с учетом реальных внешних данных (зима 1997 г.) // Морской гидрофизический журнал. 2005. № 2. С. 60–76.
15. *Совга Е. Е., Хмара Т. В.* Зимние паводки на реке Черная как источник поступления биогенных элементов в кутовую часть Севастопольской бухты // Моря России: фундаментальные и прикладные исследования : тезисы докладов Всероссийской научной конференции. Севастополь, 23–28 сентября 2019 г. Севастополь : ФГБУН ФИЦ МГИ, 2019. С. 276–278.
16. Оценки самоочищающей способности экосистемы Севастопольской бухты по отношению к неорганическим формам азота / В. А. Иванов [и др.] // Процессы в геосредах. 2015. № 2. С. 55–65.
17. *Совга Е. Е., Мезенцева И. В., Котельянец Е. А.* Ассимиляционная емкость экосистем морских мелководных акваторий с различным уровнем антропогенной нагрузки как метод оценки их самоочистительной способности // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2017. Т. 28, № 4. С. 38–51. doi:10.21513/0207-2564-2017-4-38-51
18. *Котельянец Е. А., Совга Е. Е., Мезенцева И. В.* Оценка экологического состояния акватории Севастопольской бухты в зоне влияния стока реки Черной // Материалы I Международного экологического форума в Крыму «Крым – эколого-экономический регион. Пространство ноосферного развития». Севастополь, 20-24 июня 2017 г. Севастополь, 2017. С. 236–240.
19. *Мезенцева И. В., Совга Е. Е.* Самоочищающая способность экосистемы восточной оконечности Севастопольской бухты по отношению к неорганическим формам азота // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. Вып. 1. С. 71–77. doi:10.22449/2413-5577-2019-1-71-77

*Об авторах:*

**Совга Елена Евгеньевна**, ведущий научный сотрудник, отдел гидрофизики шельфа, ФГБУН ФИЦ МГИ (299011, Россия, г. Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), доктор географических наук, **ResearcherID: A-9774-2018**, esovga@mhi-ras.ru

**Хмара Татьяна Викторовна**, младший научный сотрудник, отдел гидрофизики шельфа, ФГБУН ФИЦ МГИ (299011, Россия, г. Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), **ResearcherID: C-2358-2016**, xmara@mhi-ras.ru